

Title	弾性波法を主体としたコンクリート構造物の損傷度評価と維持管理に関する実証的研究(Abstract_要旨)
Author(s)	葛目, 和宏
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2015-03-23
URL	http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k18963
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士（工学）	氏名	葛目 和宏
論文題目	弾性波法を主体としたコンクリート構造物の損傷度評価と維持管理に関する実証的研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、グラウト充填不良およびアルカリシリカ反応による劣化が顕在化したコンクリート内部の状態把握のため非破壊検査方法を適用する検討を行った一連の研究成果をとりまとめたものであり、全5章で構成されている。</p> <p>第1章は序論であり本研究の背景と目的を示している。</p> <p>第2章では、本研究の課題に対して適用可能と考えられる弾性波法に関わる既往の研究成果を精査し、本論文で取り組む課題を示している。</p> <p>第3章では、プレストレストコンクリート構造物のグラウト充填不良について、横締め PC 鋼材に対して衝撃弾性波法、縦締め PC 鋼棒に対してインパクトエコー法の適用性検討を行っている。</p> <p>横締め PC 鋼材を対象とした衝撃弾性波法によるグラウト充填調査に関し、供試体を用いた基礎試験を実施し、透過 X 線法、赤外線法および衝撃弾性波法の適用性を検討した結果、X 線透過法は撮影箇所のみ局所的なデータであること、赤外線法は熱画像から空隙の位置、大きさ、表面からの深さ等の検出が困難であることを示したうえで、衝撃弾性波法は、受振波形および周波数スペクトルがグラウト充填状況によって相違することから手法としての可能性があることを確認した。</p> <p>グラウト充填状況の判定値を検討し、受信信号の最大振幅と周波数帯に着目すれば判定が可能であることを提示している。あわせて鋼材の種類や長さが異なる場合は、その条件下に適した再設定が必要なことも確認している。</p> <p>衝撃弾性波法による測定に関し、鋼棒全長のグラウト充填状況を評価する透過法と定着部近傍の充填状況を評価する反射法について供試体による検討を行い、一方の定着部より入力し、他方で受振する透過法は、PC 鋼棒の弾性波伝播速度と入出力比値がグラウト充填状況と良好な相関関係を示すこと、PC 鋼棒が近接して配置されている場合は隣接する鋼棒のグラウト充填状況の影響を受けること、1 箇所の定着部から入力し、その反射波による測定を行う場合は、グラウト未充填部が定着部から 4m 以上であれば、未充填長さを推定できることを示している。</p> <p>さらに、これらの結果から実構造物への適用に関し、定着部の後埋めコンクリートが健全な場合は除去しない状態で透過法を適用し、その全長にわたるグラウト充填評価を行い、充填状況が低いと判定された場合は、定着部の後埋めコンクリートを除去して反射法による測定を行って未充填長さを推定することを提案している。</p> <p>実橋 13 橋・576 本の PC 鋼棒を対象に衝撃弾性波法による測定を行い、削孔調査による検証結果と照合することにより、入出力比および伝播速度を指標とする判定基準を提案している。</p> <p>インパクトエコー法による主桁主ケーブル等における局所的なグラウト充填不良箇所検出の検討を行っている。この方法では、シースや板厚位置からの反射の有無と、その位置でのスペクトル強度の大小をグラウト充填状況の判定基準に用いるため、シース位置を正確に測定することが前提となる。鋼材位置探査の精度を考慮すれば、実用面ではある程度の幅をもたせた周波数の範囲でピークを検出できるか否かが重要であり、ピー</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	葛目 和宏
<p>クを特定できれば「未充填」となるが、周波数ピークが多数検出された場合は「判定不能」となることを示している。</p> <p>板厚の薄い部材でグラウト充填不良が生じた場合、板厚に相当するピークが計算値より低い位置に出やすいこと、またシース位置でのピークがやや不明瞭となることを把握し、グラウトが充填されている場合は板厚に相当するピークが2分化するだけでなく、シース位置のピークも不明瞭となる傾向があることを示し、これらの関係から板厚の共振ピークの形状や周波数の変化をもとにグラウト充填状況を評価できる可能性があることを示している。</p> <p>インパクトエコー法では板厚やシース位置からの反射だけでなく、部材の境界面やシース周囲の空隙等からの反射や散乱の影響を受けるため、測定位置を十分に吟味することで、不要な影響を除去するようにする必要があることを確認し、スペクトルをFFT変換して求めるだけでなく、MTMのような窓関数を用いることでピークの表示が変化して測定しやすくなる可能性もあることを把握している。</p> <p>第4章では、アルカリシリカ反応による劣化が顕在化したコンクリート構造物における劣化の進展に着目し、劣化状態を把握する非破壊検査方法として超音波斜角法および超音波トモグラフィ法を取り上げ、試験体レベルでの評価を行った後、実構造物レベルでの適用検証を行っている。</p> <p>アルカリシリカ反応による損傷が顕在化した構造物において、超音波斜角法による測定を行い、探触子間距離の補正を行えば、内部劣化深さが推定可能であることを把握し、さらに得られた推定値とコア採取あるいは部材切断による実測値を比較した結果、良く一致することを示した。また、斜角法測定においては、発振側および受振側の探触子が斜め位置に配置されるため、対面で透過させる測定法に比べ、より大きなエネルギーが必要となることに対し、超音波装置および探触子の選定に留意が必要であることを指摘した。</p> <p>アルカリシリカ反応による劣化を受けたコンクリート構造物に対して超音波トモグラフィ解析を適用する場合、伝播した超音波の周波数に距離減衰を考慮したスペクトル重心を用いると、超音波伝播速度を用いる場合に比べて、アルカリシリカ反応による劣化に対する判定精度が向上することを見出した。</p> <p>構造物における超音波トモグラフィ測定では、対称法あるいは斜角法測定で透過した弾性波を利用するが、構造物の立地環境条件によっては、構造物を挟み込む形で探触子を配置するのが不可能な場合がある。研究の結果、4周面のうち3面のみに測定点配置であっても、アルカリシリカ反応による劣化の進行状況を判定できる可能性が高いことを示している。</p> <p>第5章は結論であり、本論文で得られた成果を要約するとともに、上記の成果を取りまとめ、弾性波法を用いたコンクリート構造物維持管理のシナリオデザインを提案し、今後の課題を述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、コンクリート構造物維持管理上の喫緊の課題である PC 構造物のグラウト充填不良状況の把握およびアルカリシリカ反応による劣化を受けた構造物内部のコンクリートの状態を把握することに関し、非破壊検査手法のひとつである弾性波法を用いて研究を行った一連の成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 衝撃弾性波法によるグラウト充填状況の判定値を検討し、受信信号の最大振幅と周波数帯に着目すれば判定が可能であることを明らかにし、あわせて鋼材の種類や長さが異なる場合は、その条件下に適した再設定が必要なことも明らかにしている。

2. 実橋 13 橋・576 本の PC 鋼棒を対象に衝撃弾性波法による測定を行い、削孔調査による検証結果と照合することにより、入出力比および伝播速度を指標とする判定基準が実用的であることを明らかにしている。

3. インパクトエコー法によるグラウト充填状況把握に関し、部材の境界面やシース周囲の空隙等からの反射や散乱の影響を除去する必要があるとあり、スペクトルを FFT 変換して求めるだけでなく、MTM のような窓関数を用いることで明瞭な測定が可能となることを明らかにしている。

4. アルカリシリカ反応による損傷が顕在化した構造物に対し超音波斜角法による測定を行い、探触子間距離の補正を行えば、内部劣化深さが推定可能であることを把握し、この方法による結果が実測値と良く一致することを明らかにしている。

5. 劣化したコンクリート構造物に対して超音波トモグラフィ解析を適用する場合、伝播した超音波周波数に距離減衰を考慮したスペクトル重心を用いると、劣化に対する判定精度が向上することを明らかにしている。

6. 得られた知見をもとに、コンクリート構造物に対する弾性波法を用いた維持管理のシナリオデザインを提案している。

以上要するに、本論文は非破壊試験法のひとつである弾性波法を用いてコンクリート構造物の維持管理を的確に行うための研究であって、学術上はもとより実用面で寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 27 年 2 月 25 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。